

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za računalništvo in informatiko

Marko Cankar

**Vključitev računalniško podprte
kefalometrične analize v sistem e-Zdravje**

DIPLOMSKO DELO
NA UNIVERZITETNEM ŠTUDIJU

Miha Mraz
MENTOR

Ljubljana, 2016

© 2016, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavljane ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Univerza
v Ljubljani Fakulteta *za računalništvo
in informatiko*



Tematika naloge:

Kandidat naj v svojem delu predstavi področje kefalometričnih analiz. V nadaljevanju naj kandidat vzpostavi načrt programske podpore omenjenemu postopku in pripravi načrt integracije rezultatov analize v interoperabilen nacionalen sistem e-Zdravja. Pri tem naj za doseganje interoperabilnosti zdravstvenih podatkov upošteva ustrezne standarde in tehnologije.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani izjavljam, da sem avtor dela, da slednje ne vsebuje materiala, ki bi ga kdorkoli predhodno že objavil ali oddal v obravnavo za pridobitev naziva na univerzi ali drugem visokošolskem zavodu, razen v primerih kjer so navedeni viri.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem delo izdelal samostojno pod mentorstvom Mihe Mraza,
- so elektronska oblika dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko in
- soglašam z javno objavo elektronske oblike dela v zbirki “Dela FRI”.

— Marko Cankar, Ljubljana, junij 2016.

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za računalništvo in informatiko

Marko Cankar

Vključitev računalniško podprte kefalometrične analize v sistem e-Zdravje

POVZETEK

Ljudje se za ortodontsko zdravljenje odločajo, da bi odpravili različne funkcionalne motnje povezane z nepravilnostmi zobovja in čeljusti ter tudi le iz estetskih razlogov. Da se ortodont pravilno odloči o poteku zdravljenja ima na voljo več orodij, s katerimi ocenjuje resnost težave pacienta.

Kefalometrična analiza je eno od objektivnih diagnostičnih orodij v procesu ortodontskega zdravljenja. Prenos postopka v programsko aplikacijo uporabniku olajša in občutno pohitri izdelavo analize. Obenem digitalizacija postopka omogoča enostavno integracijo rezultatov analize v zdravstveni informacijski sistem.

Cilj te diplomske naloge je definirati zahteve programske aplikacije za kefalometrične analize ter način, kako zagotoviti funkcionalno ter semantično interoperabilnost izhodnih podatkov takšne aplikacije. Opisano zagotavljanje interoperabilnosti je osnovano na OpenEHR specifikacijah, na podlagi katerih je postavljen tudi slovenski zdravstveni informacijski sistem.

Ključne besede: kefalometrična analiza, digitalizacija postopka, interoperabilnost, eZdravje, OpenEHR

University of Ljubljana
Faculty of Computer and Information Science

Marko Cankar

Integration of computer assisted cephalometric analysis into e-Health system

ABSTRACT

There are different reasons why people decide to undergo orthodontic treatment. Some have various functionality disorders caused by irregularities of jaw and teeth while others seek treatment purely for aesthetic purposes. In order to choose the right treatment procedure he has at his disposal several tools that help him determine the severity of the issue.

Cephalometric analysis is one of objective diagnostic tools in the process of an orthodontic treatment. Transferring the procedure into a software application simplifies and shortens the time needed for the analysis. Digitalization of the procedure also allows for an easy integration of analysis results into a medical information system.

The goal of this thesis is to create a specification for a software application for cephalometric analysis and to provide a functional and semantic interoperability of output data of such application. In this thesis we achieve interoperability based on OpenEHR specifications, which are also used as the foundation of the medical information system in Slovenia.

Key words: cephalometric analysis, process digitalization ,interoperability, eHealth, OpenEHR

ZAHVALA

Na prvem mestu se zahvaljujem mojemu mentorju prof. dr. Mihi Mrazu za veliko pomoč v celotnem procesu izdelave diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi podjetju Audax d.o.o. v katerem sem pridobil potrebno znanje za izdelavo te naloge.

Podjetju Marand d.o.o. se zahvaljujem za pomoč in prijaznost pri iskanju informacij.

Nazadnje se zahvaljujem moji družini za dolgoletno podporo in spodbudo.

— Marko Cankar, Ljubljana, junij 2016.

KAZALO

Povzetek	i
Abstract	iii
Zahvala	v
1 Uvod	1
2 Kaj je kefalometrična analiza?	3
2.1 Raznolikost analiz	4
2.2 Prednosti in slabosti digitalne radiografije v primerjavi z analogno	5
2.3 Opis izdelave kefalometrične analize	7
2.4 "Downs" analiza	10
3 Programska aplikacija za kefalometrične analize	15
3.1 Uvod	15
3.2 Izdelava tipa analize	17
3.2.1 Potek dela	17
3.2.2 Definicija elementov	18
3.2.3 Rezultat izdelave tipa analize	21
3.3 Kefalometrična analiza	22
3.3.1 Uvoz telerentgenske slike in podatkov pacienta	22
3.3.2 Apliciranje tipa analize	23
4 Zagotavljanje interoperabilnosti programske aplikacije	25
4.1 Projekt eZdravje	25
4.2 HL7	26

4.3	OpenEHR	27
4.3.1	OpenEHR arhetipi	28
4.3.2	OpenEHR predloge	31
4.4	Standardizacija medicinskega izrazoslovja	32
4.4.1	SNOMED CT in LOINC	32
4.4.2	Standardizacija poimenovanja meritev LOINC	33
4.5	Vključitev aplikacije za kefalometrične analize v sistem eZdravja	33
4.5.1	Definicija OpenEHR entitet	34
4.5.2	Prilagoditev aplikacije za kefalometrične analize	40
5	Sklepne ugotovitve	43

1 Uvod

Vsakdo si želi lepega nasmeha in veliko obiskov pri ortodontu se zgodi prav s tem namenom - pridobiti lepši nasmeh. A čeprav so ravni zobje in lep nasmeh pomemben dejavnik pri izboljšanju samopodobe obstajajo tudi pomembnejši razlogi za obisk ortodonta. Nepravilno izraščeni zobje in težave s čeljustjo lahko povzročajo težave pri žvečenju in prebavi, pospešeno obrabo zob, govorne težave itd. Za vse vrste težav se mora ortodont odločiti za pravilen potek zdravljenja. V tem so mu v pomoč različne subjektivne in objektivne metode. Ena od objektivnih diagnostičnih metod je tudi kefalometrična analiza rentgenskega posnetka, s pomočjo katere ortodont oceni težo nepravilnosti. V analizi ugotavlja velikost, obliko ter medsebojne odnose struktur glave in obraza ter tako ugotovi ali razlog za težavo izvira iz skeletne ali dentalne nepravilnosti.

Računalniško nepodprta oziroma ročna kefalometrična analiza je zamuden in neroden postopek saj od ortodonta zahteva, da na svetlobni mizi s pomočjo geometrijskih orodij izvaja meritve, nato opravi še potrebne izračune ter ugotovljene vrednosti prepiše v tabelo rezultatov. Tudi izmenjava rezultatov v papirni obliki je časovno potratna. Poleg tega se lahko tabele rezultatov ter poimenovanja oziroma okrajšave imen meritev pri različnih

ortodontih razlikujejo, kar pomeni težje razumevanje in interpretacijo rezultatov.

V sodobnem času, ko je računalnik postal nepogrešljiv na skoraj vsakem področju našega življenja je smiselno, da je tudi kefalometrična analiza računalniško podprta. Z uporabo programske aplikacije za kefalometrične analize se občutno zmanjša čas, potreben za izdelavo analize. Odpravi se potreba po svetlobni mizi, kar hkrati prinese več prostora ter udobnejše delo. Vsi uporabniki iste programske aplikacije si lahko na enostaven način izmenjujejo rezultate. S standardizacijo izrazoslovja ter struktur rezultatov se lahko programsko aplikacijo poveže v zdravstveni informacijski sistem ter tako omogoči dostop enostaven do razumljivih rezultatov ostalim zdravstvenim delavcem, ne glede na to katero programsko aplikacijo katerega proizvajalca uporablja. Dodatna prednost je lažje pridobivanje statistčnih podatkov na podlagi kateri je mogoče pridobiti nove, točnejše standardne vrednosti meritev.

V diplomskem delu sem predstavil zahteve programske aplikacije za kefalometrične analize ter definiral način, kako takšno aplikacijo povezati v obstoječ zdravstveni informacijski sistem.

V drugem poglavju pričujoče naloge sem predstavil ročno izdelavo kefalometrične analize ter obdelal izzive pri digitalizaciji postopka. V tretjem poglavju sem navedel zahteve za programsko aplikacijo za kefalometrične analize, kjer sem upošteval izzive navedene v drugem poglavju. V četrtem poglavju sem definiral vse potrebne gradnike za uspešno povezavo takšne programske aplikacije v zdravstveni informacijski sistem.

V petem poglavju so predstavljeni koraki, ki so še potrebni za dejansko vključitev poročila kefalometrične analize v zdravstveni informacijski sistem. Dalje so podane ideje za nove programske aplikacije, ki bi uporabljale rezultate integracije v zdravstveni informacijski sistem.

2 Kaj je kefalometrična analiza?

Rentgenski posnetek glave je obvezen sestavni del morfološke diagnostike v čeljustni in zobni ortopediji. Doktrinarno načelo Katedre za čeljustno in zobno ortopedijo Medicinske fakultete v Ljubljani je uporaba rentgenske slike glave pri vsakem bolniku pred začetkom ortodonskega zdravljenja, po zaključku določenih faz zdravljenja ter po končani ortodonski obravnavi. Rentgenska slika se uporablja za opravljanje rentgenskih analiz [1].

Analiza rentgenske slike je kefalometrična diagnostična metoda, s katero ugotavljamo velikost, obliko in medsebojne odnose struktur glave. Z analizo ugotovimo, v kakšnem medsebojnem odnosu so zobje in čeljustnici ter njihov odnos do lobanjske baze. Prav tako analiziramo mehka tkiva nosu, ustnic in brade [2].

Kefalometrična analiza temelji na rentgenski sliki glave, na kateri določimo mednarodno dogovorjene, dobro ponovljive referenčne točke, ki so na kostnih strukturah, zobeh in mehkih delih glave in obraza. Točke nato povežemo v črte in merimo razdalje med točkami in kote, ki jih te črte oklepajo. Na ta način dobimo izmerjene vrednosti, katere konkretno opisujejo odnose med strukturami glave in obraza. Glede na odstopanja izmerjenih vrednosti rentgenskih parametrov od standardnih vrednosti ugotavljamo vrsto

nepravilnosti ortofacialnega področja ter jim določimo obseg. Normalne vrednosti meritev se v večini analiz razlikujejo glede na starostno stanje zobovja. Tako so na primer za ljubljansko analizo na voljo normalne vrednosti za mešano zobovje ter za stalno zobovje.

Normalne vrednosti se razlikujejo glede na raso, spol ter velikokrat tudi glede na narodnost obravnavanega pacienta. To sicer velikokrat pomeni, da ima skoraj vsaka država svojo analizo, katere normalne vrednosti ustrezajo karakteristikam prebivalstva.

2.1 Raznolikost analiz

Na voljo so analize številnih avtorjev, ki so z različnimi meritvami želeli čimbolj opisati medsebojne odnose kraniofacialnih struktur. Glede na to, da so kefalometrične analize pomembno orodje pri diagnosticiranju malokluzije in ugotavljanju skeletnih nepravilnosti, bi bilo logično, da se izmed različnih vrst analiz izbere idealno. Tu pa se poraja vprašanje, kako izbrati pravo analizo, ter kako določiti, da je ena analiza boljša od druge. Izvajanje te naloge bi zahtevalo ortodonta, ki bi vse analize preučil, uporabljal ter pridobil dovolj izkušenj s posamezno analizo, da bi lahko podal argumentirano odločitev o tem, katera analiza je idealna. Zaradi velikega števila analiz bi se vsakdo, ki bi se tega problema lotil, upokojil preden bi prišel do konče ugotovitve. Vsaka šola medicine zagovarja svojo rešitev iz takšnih ali drugačnih razlogov in zelo velika verjetnost obstaja, da idealne analize ni. Na to kaže dejstvo, da bi v nasprotnem primeru čez čas prevladala uporaba takšne analize, saj bi vsak izobražen in razgledan ortodont uporabljal to najboljšo metodo. Tako je izbira analize subjektivna odločitev ortodonta, na katero vpliva več dejavnikov. Eden teh dejavnikov je lahko vpliv ustanove, v kateri se je ortodont izobraževal. Zelo verjetno je, da bo ortodont, ki je zaključil univerzo v Ljubljani, uporabljal analizo Univerze v Ljubljani. Drugi dejavnik je lahko priporočilo kolega ortodonta, ki predstavi prednosti analize, katero sam uporablja. Nekateri preizkusijo več različnih analiz, ter se odločijo za tisto, ki najbolj ustreza njihovemu načinu dela. Faktor subjektivnosti pri odločanju za analizo predstavlja prvi izziv pri digitalizaciji procesa, saj je za zadovoljevanje potreb različnih ortodontov v aplikaciji potrebno ponuditi čim večje število analiz. Vključitev vseh znanih analiz v aplikacijo je praktično nemogoče. Temu botruje dejstvo, da je to število analiz dokaj veliko ter da za veliko število analiz dokumentacija ni dostopna javnosti.

Različni ortodonti imajo pri opravljanju kefalometričnih analiz različne potrebe in

različne zahteve. Tako si pogosto izberejo določeno analizo, s katero so najbolj seznanjeni ter s katero imajo največ izkušenj ter jo nato priredijo svojim potrebam. Na ta način v bistvu ustvarijo novo analizo, katere podrobnosti poznajo le oni sami. To problem nedokumentiranih analiz dodatno razširi. Standardne analize so tako uporabljene kot predloge, na katerih so razvite različice analiz glede na potrebe posameznika.

Dodatna možnost je, da določen ortodont uporablja več različnih standardnih analiz, saj lahko vsaka analiza poda dodatne informacije o stanju pacienta. Pri ročni izdelavi to ne predstavlja težav, saj je meritve enostavno opraviti. V avtomatizaciji procesa pa to pomeni, da mora biti uporabniku dana možnost kombiniranja različnih analiz ter sestavljanje novih na podlagi že obstoječih analiz.

Poseben primer so ortodonti, ki opravljajo raziskovalno delo na področju kefalometrije. V teh raziskavah poskušajo najti nove načine za opis medsebojnih odnosov struktur glave. Cilji raziskovalnega dela so raznoliki. Eden teh je poskus določitve novih meritev, ki bi najboljše opisale specifičen problem; malokluzijo, protruzijo ali drugo. Drugi je poskus kreiranja nove analize, ki bi podala najbolj zanesljive rezultate za določeno raso. Tretji primer je namen ortodontskega zdravljenja. Namen je lahko izboljšanje funkcionalnosti zobovja in čeljusti ali pa je namen popolnoma estetski, na primer lepši nasmeh. Različna raziskovalna dela imajo skupno lastnost in sicer to, da je rezultat dela nova analiza.

2.2 Prednosti in slabosti digitalne radiografije v primerjavi z analogno

Ročna izdelava kefalometrične analize je v primerjavi z digitalnim procesom časovno zamuden ter materialno potraten postopek. Za ročno izdelavo kefalometrične analize ortodont potrebuje stransko rentgensko sliko glave na filmu oziroma na foliji. To sliko postavi na svetlobno mizo ter čez njo postavi list papirja. Na listu papirja nato s svinčnikom označuje referenčne točke, katere prepozna na rentgenski sliki.

Prva prednost digitalizacije postopka je sama rentgenska slika. Digitalna radiografija v sodobnem času prinaša številne prednosti pred analogno radiografijo. Najpomembnejša prednost je zmanjševanje izpostavljenosti sevanju pacienta. Z uporabo sodobne tehnologije je možno zmanjševanje izpostavljenosti sevanju brez izgube na kvaliteti slike. Stopnja zmanjšanja izpostavljenosti se razlikuje od proizvajalca do proizvajalca ven-

dar v vseh primerih predstavlja znatno zmanjšanje v primerjavi z analognimi sistemi. Opravljene meritve različnih proizvajalcev so pokazale od 50 do 85-odstotno znižanje izpostavljenosti sevanju pri različnih načinih slikanja [3].

Druga prednost digitalizacije je lažja obdelava, shranjevanje in upravljanje s slikami. Digitalne slike je mogoče obdelati z matematičnimi algoritmi ter tako iz njih pridobiti potrebne informacije. Obdelava sicer povzroči tudi izgubo nekaterih informacij, vendar so le-te nepomembne za diagnostično vrednost slike. Tako so karakteristike na sliki, ki so potrebne za natančno določitev referenčnih točk, dobro vidne. Za ta namen se uporabljajo grafični filtri kot so korekcija sivin, kontrasta, osvetljenosti ter gama korekcija. Takšna obdelava lahko v primeru slabe slike pomeni takšno izboljšanje, da je slika primerna za diagnostično obdelavo, medtem ko bi bilo v primeru analogne slike potrebno dodatno slikanje ter tako povečevanje izpostavljenosti pacienta sevanju.

Kvaliteta zajete slike je odvisna od kakovosti ter pravilne kalibracije cephalostata. Zaradi zastarele opreme ali zaradi neznanja se tudi v današnjem času pogosto dogaja, da so izvirne slike slabe kvalitete ter so brez nadalnje digitalne obdelave neuporabne. Na preosvetljeni oziroma podosvetljeni sliki je težko najti karakteristike, ki se uporabljajo za določitev referenčnih točk. Na sliki 2.1 je prikazan primer izvirne ter grafično obdelane rentgenske slike. Že na prvi pogled je vidno, da so karakteristike kraniofacialnega predela mnogo bolj vidne na obdelani sliki temu pa botruje, da je tudi določitev referenčnih točk na takšni sliki mnogo lažja.

Za določanje nekaterih točk je uporabna tudi povečava slike. Tudi tu se pokaže prednost digitalne slike, saj je povečava trivialna, medtem ko je pri ročni izdelavi slike potrebna uporaba povečevalnih stekel.

Digitalizacija olajša tudi shranjevanje posnetkov, saj omogoča enostavno izdelavo kopij, ki so lahko dosegljive različnim ljudem na različnih lokacijah istočasno, hkrati pa znatno zmanjšuje prostor potreben za hranjenje. Enostavno izmenjevanje digitalnih posnetkov med strokovnjaki področja je dodatna prednost, saj omogoča oddaljeno sodelovanje na primeru pacienta v realnem času.

Tretja prednost digitalne radiografije je možnost avtomatizacije nekaterih korakov v izdelavi analize. Primer je avtomatsko iskanje in oris profila mehkih tkiv. Ročno določanje profila tako na analognih kot na digitalnih posnetkih je zamuden postopek. Z avtomatizacijo postopka je tako čas potreben za izdelavo analize znatno zmanjšan. Avtomatizacija celotne izdelave analize zaenkrat še ne prinaša zadovoljivih rezultatov.

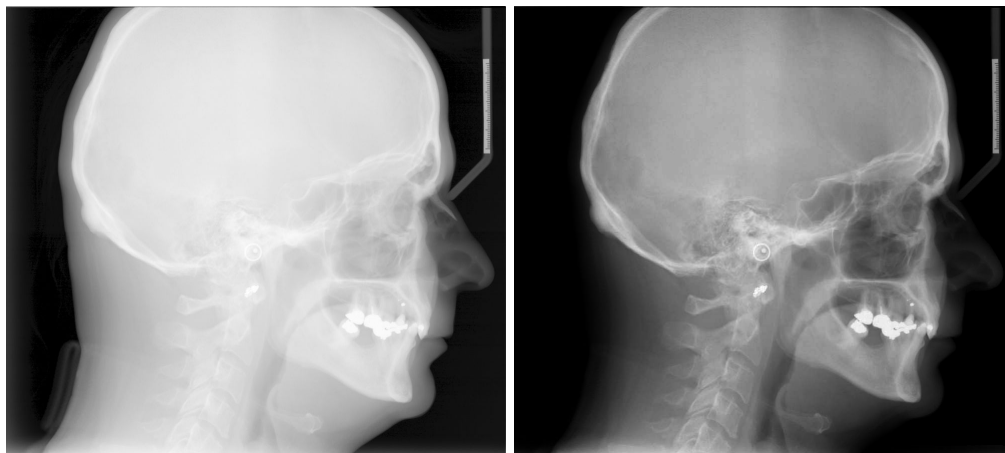
Dodatna prednost, ki jo prinaša digitalna radiografija je zmanjševanje stroškov, saj odpadejo vse zahteve vezane na analogni razvoj slike; temnica za razvoj slik, film, čas za razvijanje itd. Najpomembnejša pridobitev je zmanjševanje potrebnega časa za razvoj slike. V analognih sistemih za avtomatsko procesiranje filma je potreben čas za razvijanje ene slike od minute in pol do štirih minut, medtem ko je to v digitalnih sistemih opravljeno v trenutku. Pomembna razlika je tudi v času, potrebnem za izdelavo analize na podlagi lateralnega posnetka med ročnim načinom ter s pomočjo računalnika na digitalnem posnetku. Čas, ki je potreben za identifikacijo točk, je približno enak, vendar so meritve v digitalnem primeru opravljene v trenutku. Izkušen ortodont za označitev točk povprečno potrebuje 2 minuti, za izdelavo celotne analize pa povprečno 15 minut. V primeru napak pri označevanju točk pa se čas še podaljša. Tu se pokaže druga prednost digitalnega procesa, saj se točke označujejo neposredno na digitalni rentgenski sliki. Tudi napaka pri postavitvi točke ne predstavlja težave, saj lahko točke enostavno dodajamo, odstranjujemo ter prosto premikamo.

Digitalna radiografija ima v primerjavi z analogno tudi nekatere slabosti. Prva slabost je cena naprave. Cena digitalnih enot za panoramske posnetke z možnostjo slikanja kefalometričnih posnetkov je trikrat do štirikrat večja od primerljivih analognih različic. Druga slabost je potreba po usposobljenem kadru za delo z računalnikom. V nekaterih primerih to zahteva dodatna izobraževanja, kar pomeni dodaten časovni ter finančni vložek. V sodobnem času je tovrstno znanje dovolj razširjeno, da to ne predstavlja velike ovire pri odločanju za digitalno enoto. Dodatna slabost je obstojnost in varnost digitalnih medijev za namen hranjenja podatkov. Obstojnost je lahko zagotovljena s primernim arhiviranjem podatkov ter izdelavo varnostnih kopij. To je možno doseči z izbiro namenskega sistema za arhiviranje, kar pa še dodatno poveča začetni vložek.

Velikost začetnega vložka lahko nekatere izvajalce pripravi do nakupa analogne različice. Dolgoročno pa zmanjšanje stroškov uporabe upraviči večji začetni vložek.

2.3 Opis izdelave kefalometrične analize

Označitev referenčnih točk predstavlja prvi del izdelave kefalometrične analize. V drugem delu je potrebno te točke povezati med sabo v tako imenovane ravnine. Ravnina je na dvo dimenzionalni sliki predstavljena kot premica, ki povezuje dve točki. Tako je naprimer ravnina, ki povezuje točko Nasion (N) ter točko Sella Turcica (S), označena kot ravnina



Slika 2.1 Primerjava izvirne ter grafično obdelane telerentgenske slike.

SN. Nekatere analize uporabljajo tudi tako imenovane loke. Lok je v osnovi del krožnice s središčem v eni referenčni točki ter z drugo referenčno točko na krožnici. Tako kot referenčne točke, so tudi ravnine ter loki znani. Avtorji analiz sicer uporabljajo različne ravnine ter različne loke, vendar so znotraj analize te povezave znane, ter vedno enake. Zaradi ponovljivosti povezav v okviru enega tipa analize lahko z digitalizacijo procesa ta postopek avtomatiziramo. V ročni izdelavi je s pomočjo ravnila ter šestila te povezave potrebno vedno znova risati [4].

Tretji del izdelave analize predstavlja opravljanje meritev ter izračunov. Meritve v kefalometrični analizi predstavljajo razdalje med točkami, razdalje med ravninami ter loki ter koti med ravninami, izračune pa predstavljajo izračunane vrednosti nad meritvami, kot naprimer razlika med dvema razdaljama. Tako kot ravnine ter koti, so tudi potrebne meritve ter izračuni znani v okviru tipa analize. V primeru ročne izdelave se za ta del procesa uporabljata ravnilo ter kotomer. Pri digitalnem procesu se tudi meritve in izračuni lahko avtomatizirajo. Tu naletimo na težavo, saj so rezultati meritev razdalj v piksljih. Vendar to težavo lahko enostavno rešimo s postopkom umerjanja slike. Umerjanje slike je postopek, s katerim določimo koliko pikslov predstavlja razdaljo enega milimetra. Za ta namen je na digitalni rentgenski sliki prisotno ravnilo z merilno lestvico. S pomočjo ravnila lahko sliko umerimo. Nato lahko meritve predstavimo v metričnih enotah, ki so smiselne ter uporabne končnemu uporabniku.

Prej omenjene referenčne točke tudi niso vedno določene na isti način. V različnih analizah se lahko ista referenčna točka določa na različne načine glede na avtorja analize

oziroma na katero definicijo se je avtor analize opiral. Primer različne določitve je točka Gnation. V splošnem je to točka na bradi, ki leži na simetrali kota med mandibularno in obrazno ravnino. Različni avtorji so podali različne definicije omenjene točke [5]:

- T.M. Graber: Gnation je najbolj zunanja in izbočena točka na profilu krivine simfize mandibule;
- Robert E. Moyers: Gnation je najbolj spodnja točka v lateralni senci brade; najbolj je določena kot točka na sredini razdalje med točkama Pogonion in Menton na obrisu brade;
- Viken Sassouni: Gnation je presečišče obrazne ravnine s spodnjim robom mandibularne ravnine;
- Arne Bjork: Gnation je najbolj spodnja točka na mandibularni simfizi.

Podoben primer je določitev ravnine. Mandibularna ravnina je lahko določena na tri načine:

- ravnina, ki povezuje točki Gonion in Gnation;
- ravnina, ki povezuje točki Gonion in Menton;
- tangenta spodnjega roba mandibule skozi Menton.

V digitalizaciji procesa torej uporabnik ne sme biti omejen na določen nabor referenčnih točk. Potrebno je omogočiti, da uporabnik sam določi referenčne točke, oziroma, da lahko sam poskrbi za geometrično določitev točk.

Ob upoštevanju v začetku poglavja naštetih problemov, izzivov ter raznolikosti zahtev pridemo do zaključka, da za zadovoljevanje vseh potreb ni dovolj zgolj digitalizacija procesa apliciranja analize. Potrebno je uporabniku tudi omogočiti kreiranje novih ter spreminjanje obstoječih analiz. Potrebno je orodje, s katerim lahko ortodont sam definira njemu najljubšo analizo, oziroma prenese njegov način dela v aplikacijo. S takšnim orodjem lahko ortodont sam določi in poimenuje svoje referenčne točke, definira svoje ravnine, določi željene meritve razdalj in kotov ter določi standardne vrednosti za omenjene meritve. Le na ta način je mogoče doseči zadostno stopnjo prilagodljivosti za vse profile uporabnikov.

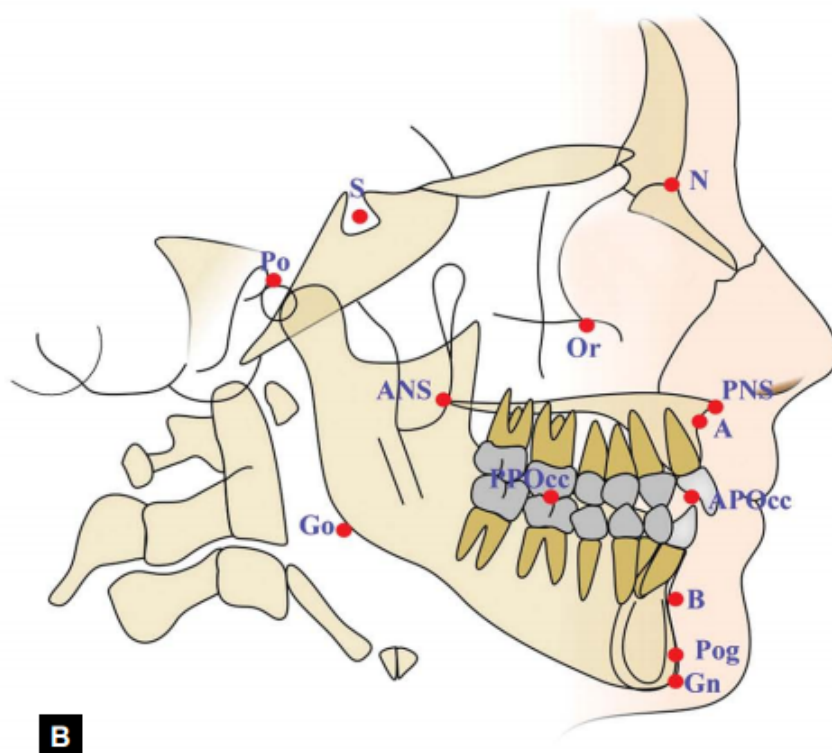
2.4 "Downs" analiza

Za namen boljše predstave uporabnosti kefalometričnih analiz je v nadaljevanju podan primer analize. V primeru so opisane uporabljene referenčne točke, ravnine ter meritve med njimi. Za primer je izbrana analiza "Downs", ki je najstarejša ter najbolj pogosto uporabljana. Analiza sestoji iz desetih parametrov; petih skeletnih ter petih dentalnih.

Po Downsovi teoriji je obrazno ravnovesje odvisno od pozicije mandibule. Za ugotavljanje tega ravnovesja je kot referenčna ravnina uporabljena Frankfurtska horizontalna ravnina (FH ravnina) – črta ki povezuje točki Porion in Orbitale in predstavlja približek pravi horizontali, medtem ko je človek v stoječem položaju s pogledom v daljavo. Downs je to ravnino izbral kot referenčno bazo za določanje stopnjo retrognatosti, ortognatosti ter prognatosti. Za izvedbo meritev analize "Downs" so potrebne naslednje točke

- N - Nasion,
- Bolton točka,
- S - Središče Selle Turcice,
- Or - Orbitale,
- Po - Porion,
- Pog - Pogonion,
- Točka A-subspinale,
- Točka B-supramentale,
- Gn - Gnathion – točka kjer simetrala kota med obrazno in mandibularno ravnino seka brado,
- PNS – Posterior Nasal Spine,
- ANS – Anterior Nasal Spine,
- Me - Menton,

ki so prikazane na sliki [2.2](#).



Slika 2.2 Točke Downs analize [5].

Na podlagi zgoraj navedenih točk so sestavljene meritve razdalij in kotov, katere opisujejo stanje pacienta. Meritve so razdeljene v dve skupini in sicer na skeletni parametre ter dentalne parametre [6]. Skeletni parametri "Downs" analize so sledeči:

- **Obrazni kot:** z obraznim kotom se meri stopnjo retruzije ali protruzije mandibule; to je spodnji notranji kot, pri katerem obrazna linija (Nasion-Pogonion) seka Frankfurtsko horizontalo; pri izrazitejši bradi je kot večji od normalne vrednosti, medtem ko manjša vrednost pomeni bolj potlačeno brado; tako obrazni kot kaže na stopnjo izbočenosti oziroma vbočenosti mandibule glede na zgornji del obraza;
- **Kot konveksnosti:** to je kot med ravninama Nasion-Točka A (N-A) ter Točka A-Pogonion (A-Pog); kot se interpretira kot pozitiven v primeru, ko je ravnina A-Pog na prednji strani ravnine N-A v višini točke N; pozitivni kot nakazuje prominentno maksiljarno zobovje v odnosu do mandibule; negativni kot je pokazatelj prognatega profila;

- A-B ravnina: kot med ravnino, ki potuje skozi točki A in B ter N-Pog ravnino; podobno kot kot konvenksnosti ima lahko pozitivno ali negativno vrednost; vrednost je negativna, ko je ravnina A-B na prednji strani ravnine N-Pog v višini točke N; meritev predstavlja oceno težavnosti pri doseganju pravilnega nagiba incizorjev pri ortodontskem zdravljenju;
- Kot mandibularne ravnine: Mandibularna ravnina (MP) je definirana kot ravnina, ki je tangentna na spodnji rob mandibule ter potuje skozi točko Menton; kot mandibularne ravnine je kot med mandibularno ravnino ter FH ravnino; večje vrednosti od normalne vrednosti nakazujejo težave pri zdravljenju in prognozi, vendar samo ta vrednost ni zadostna za določanje izvora mogočih težav pri zdravljenju;
- Y-os: Y-os je definirana kot ostri kot med Sella-Gnathion (S-Gn) ravnino ter FH ravnino; vrednost kota nakazuje na usmerjenost položaja brade v odnosu z zgornjim delom obraza;

Dentalni parametri "Downs" analize so sledeči:

- Nagib okluzalne ravnine: okluzalna ravnina je definirana kot simetrala med konicami molarjev ter konicami incizorjev; nagib okluzalne ravnine je meritev nagnjenosti okluzalne ravnine glede na FH ravnino; meritev ima lahko pozitivno ali negativno vrednost; ko je prednji del ravnine nižji kot zadnji del, torej ko je ravnina usmerjena navzdol, je meritev pozitivna;
- Interincizalni kot: za določanje interincizalnega kota sta potrebni ravnini, ki potujeta od konice do korenine incizorja; tako sta določeni ravnini, ki prikazujeta nagib zoba;
- Kot med incizorjem in OP ravnino: kot med okluzalno ravnino, ter ravnino, ki povezuje korenino in konico mandibularnega incizorja; vrednost je določena kot razlika med desnim spodnjim in levim spodnjim kotom; večja vrednost pomeni večji nagib incizorja naprej na zobovju;
- Kot med incizorjem in MP ravnino: kot med mandibularno ravnino ter ravnino, ki povezuje korenino in konico mandibularnega incizorja; vrednost je določena kot razlika med zgornjim desnim in zgornjim levim kotom; pozitivna vrednost pomeni nagib incizorja naprej na zobovju;

- Protruzija maksilarnih incizorjev: meritev je pravokotna razdalja med konico maksilarnega incizorja ter ravnino A-Pog; vrednost je negativna, če je konica incizorja za A-Pog ravnino;

Na podlagi vrednosti zgoraj navedenih parametrov ortodont matematično določi stanje pacienta ter se na tej podlagi odloči za način in potek zdravljenja.

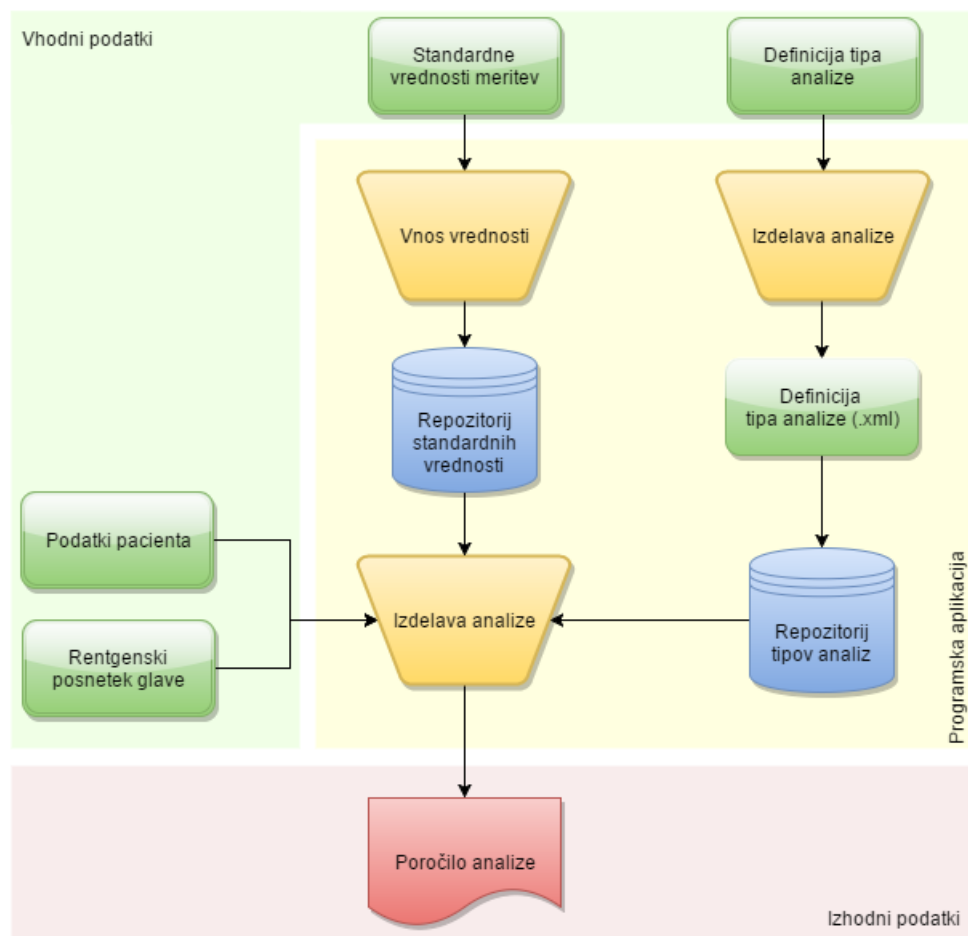
3 Programska aplikacija za kefalometrične analize

Predmet pričujočega poglavja je predstavitev zahtev za programsko aplikacijo za izdelavo kefalometričnih analiz. V nadaljevanju je definiran potek dela programske aplikacije ter vse funkcionalnosti, ki omogočajo digitalizacijo postopka kefalometrične analize. Dodatna zahteva za programsko aplikacijo je visoka prilagodljivost, ki uporabniku omogoča izdelavo novih definicij meritev ter analiz. Izhodiščne zahteve so osnovane na že obstoječi programski aplikaciji AudaxCeph, saj ta glede na konkurenčne produkte nudi najvišji nivo prilagodljivosti.

3.1 Uvod

Za izdelavo kefalometrične analize glave je najprej potreben skupek meritev, ki analizo definirajo. Ta skupek meritev skupaj z definicijo poročila analize je v nadaljevanju poimenovan kot tip analize. Izraz analiza pa predstavlja uporabo tipa analize na rentgenskem posnetku glave.

Programska aplikacija mora biti ločena na dva vsebinska sklopa. Prvi je namenjen izdelavi tipov analiz vključno z definicijo novih meritev, sestave poročila ter standardnih



Slika 3.1 Diagram poteka dela programske aplikacije.

vrednosti. Drugi sklop je namenjen apliciranju tipa analize na rentgenski posnetek glave oziroma izdelavi analize. Slika 3.1 prikazuje željen potek dela v takšni aplikaciji.

Prvi sklop uporabniku omogoča prenos obstoječega tipa analize v programsko aplikacijo. Uporabnik z orodjem za izdelavo tipa analiz definira vse potrebne meritve ter zanje določi standardne vrednosti. Definicija tipa analize se shrani v XML strukturirani obliki v repozitorij tipov analiz. Za izdelavo analize je v programsko aplikacijo potrebno uvoziti rentgenski posnetek glave ter podatke pacienta. Nato uporabnik izbere željen tip analize iz repozitorija ter ga uporabi za izdelavo analize. Rezultat analize je poročilo analize, ki ga sestavlja množica meritev, ki so za analizo relevantne.

3.2 Izdelava tipa analize

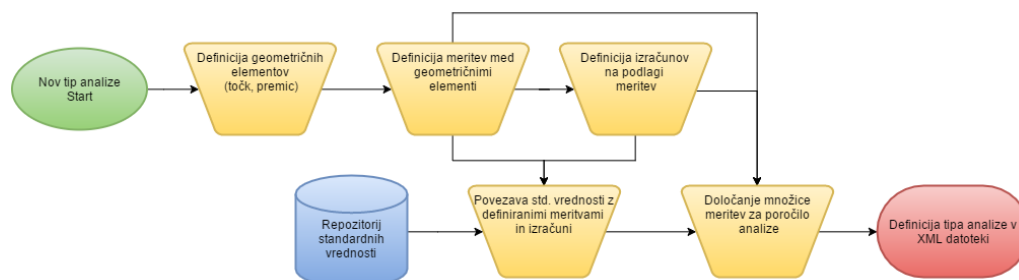
Prvi korak pri reševanju problema je priprava orodja, s katerim uporabnik definira osnovne elemente analize, kot so referenčne točke in ravnine ter nato nad njimi izvaja meritve. Takšno predlogo imenujemo tip analize. Izdelana je na podlagi fantoma lateralnega rentgenskega posnetka glave. Del tipa analize je tudi definicija poročila analize. Poročilo poleg podatkov pacienta in rentgenskega posnetka vsebuje poljubne meritve v poljubnem vrstnem redu. Vsi elementi tipa analize so shranjeni v eni datoteki. Na ta način je omogočeno enostavno izmenjevanje tipov analiz med uporabniki programske aplikacije. Vse funkcionalnosti so združene v modul aplikacije, imenovan "Tip analize".

3.2.1 Potek dela

Prvi korak izdelave tipa analize je risanje oziroma postavljanje točk ter ravnin na risalno površino. Med elementi na risalni površini je mogoče definirati meritve razdalj in kotov. Možna je tudi definicija izračunov, izdelanih na podlagi obstoječih meritev. Vsak element na risalni površini je mogoče skriti ali pa prikazati.

Naslednji korak je definicija izgleda poročila, in sicer izbor meritev, ki naj se nahajajo na poročilu ter kakšen je njihov vrstni red. Naslednji korak je vezanje meritev z obstoječimi standardnimi vrednostmi iz repozitorija v programski aplikaciji. V kolikor standardna vrednost še ne obstaja, jo je mogoče v repozitorij dodati. Diagram poteka dela je prikazan na sliki 3.2

Vrstni red korakov v postopku je poljuben, tako da uporabnik lahko kadarkoli izvede katerokoli od zgoraj navedenih akcij.



Slika 3.2 Potek izdelave tipa analize.

3.2.2 Definicija elementov

Za izdelavo vseh potrebnih meritev so potrebne različne definicije točk in ravnin. Na podlagi teh elementov je mogoče definirati meritve razdalij in kotov. Nadaljuje se meritve lahko uporabijo za definicijo izračunov.

Za postavitev elementov je smiselna uporaba grafičnega vmesnika, preko katerega uporabnik na risalno površino postavlja oziroma riše geometrične elemente. Grafični vmesnik mora omogočati kreacijo meritev ter odvisnih geometričnih elementov na podlagi obstoječih elementov na risalni površini.

Za lažjo orientacijo uporabnika je za podlago risalne površine smiselna uporaba fantoma glave. Uporabnik Fantom služi kot vodilo uporabniku pri postavljanju točk na prava anatomsko mesta ter posledično definicijo meritev.

Točke

Kreacija potrebnih konstrukcij za pravilno definicijo meritev so potrebne različne definicije točk med katerimi lahko uporabnik izbira pri izdelavi meritve. Programska aplikacija mora tako nuditi izbiro med naslednjimi vrstami točk:

- Prosta točka - to točko je možno postaviti na poljubno mesto na risalni površini; ko je točka postavljena, jo je mogoče prosto premikati po risalni površini;
- Točka na ravnini - točko je možno postaviti le na obstoječo ravnino; točko je mogoče premikati le vzdolž ravnine na katero je postavljena; ob premiku ravnine točka sledi ravnini;
- Točka na presečišču - točko je možno postaviti le na presečišče dveh ravnin; točke ni mogoče ročno premikati.

Ravnine

Tako kot za točke, je tudi za ravnine potrebnih več različnih definicij kar omogoča izdelavo kompleksnejših konstrukcij meritev. Programska aplikacija mora nuditi izbiro med naslednjimi vrstami ravnin:

- Prosta ravnina - ravnino je možno postaviti na poljubno mesto; za postavitev ravnine je potrebna postavitev dveh točk, ki ravnino definirata; ko je ravnina postavljena, jo je možno prosto premikati po površini; s premikom začetne oziroma končne točke ravnine se spreminja smer ravnine.

- Vzporedna ravnina - za definicijo vzporedne ravnine mora uporabnik najprej izbrati obstoječo referenčno ravnino, kateri bo nova ravnina vedno vzporedna; vzporedno ravnino je možno postaviti na poljubno mesto ali pa na obstoječo točko; v primeru, ko je ravnina postavljena na obstoječo točko, ta točka postane nosilna točka ravnine; ravnino je možno prosto premikati po risalni površini oziroma v primeru uporabe referenčne točke ravnina sledi premiku točke; ob spremembi smeri referenčne ravnine se skladno s spremembo spremeni smer vzporedne ravnine; vzporedni ravnini drugače ni možno spreminjati smeri;
- Pravokotna ravnina - za definicijo pravokotne ravnine mora uporabnik najprej izbrati obstoječo referenčno ravnino, kateri bo nova ravnina vedno pravokotna; pravokotno ravnino je možno postaviti na poljubno mesto ali pa na obstoječo točko; v primeru, ko je ravnina postavljena na obstoječo točko, ta točka postane nosilna točka ravnine; ravnino je možno prosto premikati po risalni površini oziroma v primeru uporabe referenčne točke ravnina sledi premiku točke; ob spremembi smeri referenčne ravnine se skladno s spremembo spremeni smer pravokotne ravnine; pravokotni ravnini drugače ni možno spreminjati smeri;
- Simetrala kota - simetrala kota je definirana na osnovi obstoječega kota; ob premiku elementov, ki kot določajo, se mora tudi simetrala odzivati na spremembe;

Meritve

Programska aplikacija mora omogočati definicijo dveh vrst meritev, razdalje in kota. Razdaljo je mogoče meriti med dvema točkama ali pa med točko in ravnino. V primeru razdalje med točko in ravnino se izmeri najkrajša možna razdalja, torej dolžina pravokotnice na izbrano ravnino skozi izbrano točko.

Velikost kota je mogoče meriti med tremi točkami ali med dvema ravninama. V primeru, ko je kot določen s tremi točkami, prva točka določi prvi krak, druga točka vrh, tretja točka pa drugi krak kota. V primeru, ko kot določata dve ravnini mora uporabnik imeti možnost izbire željenega kota, ki ga ti dve ravnini definirata.

Izračuni

Izračun je posebna vrsta elementa, ki je definiran na podlagi ene ali več obstoječih meritev. Programska aplikacija mora omogočati definicijo izračuna z uporabo osnovnih

matematičnih operacij (seštevanje, odštevanje, množenje ter deljenje) med obstoječimi meritvami. Dodatna zahteva je možnost uporabe konstante kot enega od elementov izračuna.

Dodatne lastnosti elementov

Programska aplikacija mora za vsakega od obravnavanih elementov v prejšnjem razdelku omogočati določanje dodatnih lastnosti, s pomočjo katerih je dosežena popolna informacija, potrebna za predstavitev rezultatov analize. Za vsak element je potrebno določiti naslednje splošne podatke:

- Identifikator,
- Naziv,
- Opis,
- Tip elementa ter
- Vidnost elementa v analizi.

Podatek vidnost elementa določa, ali bo ta element prikazan ob apliciranju tipa analize na rentgenski posnetek. V kolikor bi programska aplikacija izrisala vse elemente, bi bila delovna površina nepregledna. Da bi kefalometrična analiza vrnila pravilne rezultate je dovolj, če uporabnik na pravilna mesta postavi znane referenčne točke in ravnine. Vsi ostali elementi so definirani v odvisnosti od referenčnih točk, tako da njihovo prikazovanje med analizo ni potrebno.

Standardne vrednosti

Za večino meritev obstajajo pripadajoče standardne vrednosti glede na populacijo. Velikost odstopanja meritve od standardne vrednosti je informacija, ki terapevtu pomaga pri odločanju za potek zdravljenja. Standardne vrednosti so lahko različne za različne skupine ljudi. Tako so lahko standardne vrednosti za otroke različne od tistih za odrasle, za ženske so različne od tistih za moške, lahko se razlikujejo po starostnih skupinah itd. Programska aplikacija mora tako omogočati kreacijo različnih skupin ljudi in za vsako skupino vnos standardnih vrednosti za meritve.

Ker so standardne vrednosti neodvisne od tipov analiz ampak nanje vplivajo faktorji kot narodnost, rasa, spol itd., je smiselno, da so standardne vrednosti shranjene v

samostojnem repozitoriju neodvisnem od tipov analiz. V definiciji tipa analize je tako potrebno standardno vrednost le povezati z meritvijo.

Poročilo

Končni dokument, ki nastane po opravljeni analizi, je poročilo analize. To je tisti element programske aplikacije, ki aplikaciji daje smisel in vrednost, na podlagi katerega se ortodont odloči o poteku zdravljenja. Poročilo je sestavljeni iz sledečih treh sklopov podatkov:

- podatkov pacienta,
- podatkov analize ter
- rezultatov meritev.

Podatki pacienta vključujejo splošne podatke kot so ime in priimek, datum rojstva, spol ter starost. Podatki analize vključujejo naziv uporabljenega tipa analize, datum opravljene analize ter datum slike na podlagi katere je bila analiza opravljena. Rezultati meritev vključujejo imenski seznam željenih meritev z rezultati, njim pripadajočih standardnih vrednosti ter stopnje odstopanja meritve od standardne vrednosti. Meritve so zaradi preglednosti običajno združene v skupine. Primer pogosto uporabljenih skupin so Skeletni parametri, Dentalni parametri, Mehko tkivo itd. Imena skupin so v splošnem zelo raznolika, zato je smiselno da programska aplikacija nudi možnost kreiranja skupin s poljubnimi imeni, v katere je mogoče poljubno razvrstiti meritve.

Programska aplikacija mora omogočati kreacijo definicije oziroma predloge poročila v strukturirani obliki, katera je v postopku apliciranja analize na dejanskem primeru dopolnjena z dejanskimi podatki.

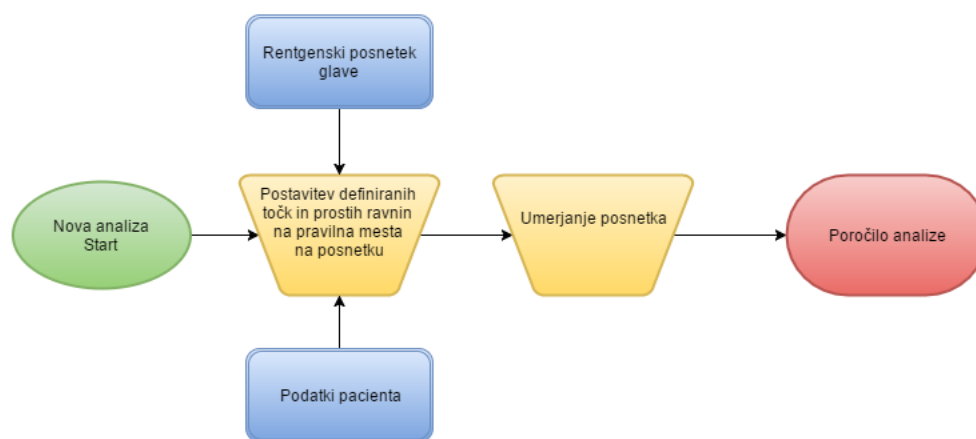
3.2.3 Rezultat izdelave tipa analize

Končni rezultat izdelave tipa analize je strukturiran zapis, ki vsebuje popoln nabor informacij za uporabo izdelanega tipa. Strukturiran zapis je smiselno shraniti v XML datoteko, kar omogoča enostavno izmenjavo posameznih definicij tipov analiz med uporabniki programske aplikacije.

3.3 Kefalometrična analiza

V prejšnjem podpoglavju je bila opisana izdelava tipa analize, oziroma predloge analize. Predmet tega podpoglavja je uporaba te predloge za kefalometrično analizo rentgenskega posnetka glave pacienta.

Prvi korak kefalometrične analize je uvoz rentgenskega posnetka glave ter podatkov pacienta v programsko aplikacijo. V naslednjem koraku je rentgenski posnetek potrebno umeriti. Tako so meritve razdalij prikazane v smiselni merskih enotah. Zadnji korak predstavlja prenos elementov iz tipa analize na rentgenski posnetek. Končni rezultat je poročilo analize, ki vsebuje vrednosti vseh potrebnih meritev v pravih merskih enotah in berljivi obliki. Potek dela je predstavljen na sliki 3.3



Slika 3.3 Potek dela kefalometrične analize v programski aplikaciji.

3.3.1 Uvoz telerentgenske slike in podatkov pacienta

Rentgenski laboratoriji uporabljajo rentgenske naprave različnih proizvajalcev, tako modernejšie digitalne kot starejše analogne. Digitalne rentgenske naprave omogočajo izvoze neobdelanih in obdelanih slik, medtem ko je potrebno posnetke analogne naprave za namen digitalne kefalometrične analize najprej prenesti v digitalni format s pomočjo skenerjev. Posledica je velik spekter različnih formatov slik. Programska aplikacija za kefalometrične analize mora omogočati uvoz slik najpogostejših formatov, ki vključujejo JPEG, TIFF, DICOM ter BMP.

Ker nekatere rentgenske naprave izvažajo le neobdelne slike je smiselno, da programska aplikacija vsebuje možnost osnovne grafične obdelave posnetkov. Za ta namen so

najpreimernejši filtri za kontrast, svetlost, korekcijo sivin ter gama korekcija.

Datoteke DICOM formata vsebujejo metapodatke, kateri dopolnjujejo informacijo slike. Vsak metapodatek je šifriran s parom 4 mestnih številskih oznak. Med velikim izborom metapodatkov, ki jih DICOM standard omogoča, so za kefalometrično analizo zanimivi naslednji:

- ime pacienta (0010,0010),
- rojstni datum pacienta (0010,0030),
- spol pacienta (0010,0040),
- velikost piksla (0018,1164),
- datum slikanja (0008,0030).

V primeru DICOM formata je tako iz datoteke mogoče pridobiti podatke pacienta ter potrebne podatke o sliki. V primeru ostalih formatov slik, kateri potrebnih podatkov ne vsebujejo, mora biti možno te podatke ročno vnesti.

Medtem ko je podatke pacienta ter datum slikanja mogoče enostavno ročno vnesti je za umerjanje slike potrebna drugačna rešitev. Na rentgenskih posnetkih glave je običajno prisotna umerjena šablona z vidnim merilom. Programska aplikacija mora omogočati umerjanje slike na podlagi šablone.

3.3.2 Apliciranje tipa analize

Naslednji korak po uvozu podatkov in umerjanju slike je uporaba tipa analize na sliki. Programska aplikacija mora omogočati izbiro zelenega tipa analize iz repozitorija. Iz izbranega tipa analize se celotna podatkovna struktura prenese v analizo ter se dopolni s podatki.

Na rentgenski posnetek se razporedijo referenčne točke in ravnine, ki so v tipu analize definirane kot vidne. Programska aplikacija mora nato omogočati interaktivno postavljanje oziroma premikanje referenčnih točk in ravnin po rentgenskem posnetku. Na takšen način lahko uporabnik vse elemente postavi na pravilna mesta.

Nadaljnje mora programska aplikacija omogočati tudi izbiro skupine standardnih vrednosti, katero uporabnik izbere glede na starost, spol oziroma stanje zobovja pacienta.

Izpis poročila in shranjevanje analize

Zadnji korak kefalometrične analize je izdelava poročila. Z zgoraj opisanimi koraki so pridobljeni vsi potrebni podatki za poročilo. Ker je podatkovna struktura poročila definirana že z izbranim tipom analize, je potrebno obstoječo strukturo le dopolniti s pridobljenimi podatki. Programska aplikacija mora omogočati vizualizacijo podatkov poročila v uporabniku prijaznem, berljivem formatu, ki je enostavno izmenljiva ter jo je mogoče natisniti. Za ta namen je smiselna uporaba PDF formata.

Shranjevanje analize

Uporabnik lahko s pomočjo akcije Shrani analizo shrani za bodočo uporabo. Ob klicu funkcije shrani se uporabniku prikaže dialog za shranjevanje, v katerem izbere ime datoteke ter lokacijo za shranjevanje. Ob potrditvi se ustvari podatkovna struktura, katera je oblikovno enaka podatkovni strukturi tipa analize. V strukturo osnovno je dodana podatkovna struktura s podatki pacienta in slike ter podatek o umerjanju. Iz podatkovne strukture se ustvari strukturiran XML zapis in se shrani v datoteko tipa XML v delovno mapo. Iz vsebine delovne mape analize se ustvari arhivska datoteka, ki vsebuje kopijo rentgenskega posnetka ter XML datoteko analize in shrani na željeno lokacijo.

4 Zagotavljanje interoperabilnosti programske aplikacije

Cilj pričujočega poglavja je predstaviti možnost povezave kefalometrične programske aplikacije v nacionalni in v prihodnosti tudi svetovni zdravstveni informacijski sistem. Za ta namen so zanimiva poročila, ki so ustvarjena ob izvedbi analize. Za vključitev poročil je najprej potrebna standardizacija meritev ter izrazoslovja za meritve. V drugem koraku je potrebna definicija strukture podatkov, ki ustreza tehnologijam, ki so uporabljene v sistemu eZdravje. Zadnji korak pa predstavlja izbira oziroma definicija načina posredovanja podatkov v centralni informacijski sistem.

4.1 Projekt eZdravje

V Sloveniji na področju informatizacije zdravstva na nacionalnem nivoju od leta 2008 poteka projekt eZdravje. Projekt je sestavljen iz več podprojektov na različnih področjih zdravstva. Danes v okviru projekta deluje 17 aplikacij, ki so prestale pilotno fazo in se postopoma širijo v uporabo po celotni Sloveniji [7]. Primeri podprojektov izpeljanih v okviru projekta eZdravje so sledeči:

- eRecept - storitev, ki zdravniku omogoča izdelavo elektronskega recepta, ki ga

elektronsko podpiše in po varni poti pošlje v sistem, od koder ga dobi lekarna ob izdaji recepta na zahtevo pacienta;

- eNaročanje - informacijski sistem, ki zdravnikom na primarni ter sekundarni ravni omogoča izdelavo elektronske napotnice, katero elektronsko podpiše ter jo po varni poti pošlje v sistem; elektronsko napotnico lahko uporabi sam pacient pri naročanju preko portala za eNaročanje ali pa jo prevzame zdravnik oziroma ustanova na sekundarni ravni pri uvrščanju pacienta v čakalno knjigo;
- eRCO - elektronski register o opravljenjih cepljenjih;
- PPoP - povzetek podatkov o pacientu - skupek različnih medicinskih podatkov o pacientu, s pomočjo katerih se lahko zagotovi najboljšo medicinsko pomoč; povzetek vključuje podatke o cepljenju, alergijah, kirurških posegih, boleznih in stanjih, medicinskih pripomočkih, implantatih in drugo; posamezno opažanje za pacienta lahko v sistem odda vsak zdravnik ob obisku pacienta; ob poizvedbi izvajalca zdravstvene dejavnosti za povzetek podatkov o pacientu sistem združi najšodobnejše podatke ter jih posreduje povpraševalcu v obliki PDF dokumenta;

Za nacionalno zbirko kliničnih modelov podatkov in demografskih modelov podatkov je uporabljen standard OpenEHR, ki opisuje načine za upravljanje, shranjevanje, prevzem in izmenjevanje zdravstvenih podatkov elektronskih zdravstvenih kartotek [8].

4.2 HL7

Za zagotavljanje interoperabilnosti na področju medicinske informatike je na svetu v uporabi več specifikacij različnih institucij. Med njimi sta najbolj prepoznavni HL7 in OpenEHR.

HL7 je neprofitna mednarodna organizacija, ki šteje že več kot 1600 članov iz 50 držav [9], katere cilj je razvoj ogrodja in standardov za izmenjavo, integracijo in pridobitev elektronskih zdravstvenih informacij. Standardi določajo jezik, strukturo, podatkovne tipe ter način, kako naj bo vsaka informacija predstavljena in posredovana med različnimi zdravstvenimi informacijskimi sistemi.

HL7 za različna področja uporabe določa več standardov, kot so standardi za sporočila (HL7v2 in HL7v3), standardi za klinične dokumente (HL7 CDA), standardi za integracijo aplikacij (HL7 CCOW), itd.

Na osnovi standardov HL7 CDA ter HL7v3 je mogoče definirati strukturo izhodnega dokumenta poročila kefalometrične analize za namen zagotavljanja interoperabilnosti programske aplikacije za kefalometrične analize. Drugi način za doseganje interoperabilnosti je uporaba OpenEHR specifikacij. Ker je v Sloveniji zdravstveni informacijski sistem osnovan na OpenEHR je zagotavljanje interoperabilnosti aplikacije za kefalometrične analize mogoče hitreje in lažje doseči na osnovi OpenEHR specifikacij. Ta način je predstavljen v nadaljevanju diplomske naloge.

4.3 OpenEHR

OpenEHR je virtualna skupnost, ki deluje na področju interoperabilnosti ter obdelavi podatkov v okviru *e-healtha*. OpenEHR fundacija je objavila zbirko specifikacij, s katerimi je postavila definicije za informacijski zdravstveni model. To je v osnovi jezik za izdelovanje kliničnih modelov oziroma arhetipov, ki so neodvisni od programske opreme ter od jezika poizvedb. Arhitektura je zasnovana na takšen način, da lahko uporablja obstoječe terminologije, kot so SNOMED CT, LOINC ter ICDx. Komponente ter sistemi, ki se podreajo standardom OpenEHR, so "odprti" v smislu, da je oblika podatkov, modelov ter API-jev definirana v okviru standarda ter tako prosto dostopna širši javnosti. Sistemi, pri katerih je programska oprema osnovana na arhetipih, si delijo ključno lastnost sistema OpenEHR, in sicer visoko stopnjo prilagodljivosti [10].

Rezultat so sistemi in orodja za obdelavo zdravstvenih podatkov na nivoju semantike, kar omogoča prave analitične funkcije kot so pomoč pri sprejemanju odločitev ter raziskovalne poizvedbe.

Arhitektura OpenEHR specifikacij je sestavljena iz naslednjih ključnih elementov:

- informacijskih oziroma referenčnih modelov,
- pravil za definicijo arhetipov,
- definicij prenosljivega jezika za poizvedbe po arhetipih,
- modelov storitev oziroma API-jev.

Uporaba prvih dveh omogoča razvoj arhetipov ter predlog. To so formalni modeli kliničnih vsebin, ki sami po sebi predstavljajo novi sloj standarda, kateri je veliko obširnejši kot specifikacija na katere osnovi so zgrajeni. Definicija jezika za poizvedbe

omogoča izdelavo poizvedb osnovanih na vsebini namesto na fizičnih shemah podatkovnih zbirk.

4.3.1 OpenEHR arhetipi

Večnivojski pristop k modeliranju omogoča enostavno prilagoditev sistema za različne nacionalne programe na področju eZdravja ter za različna področja uporabe. Arhetip je entiteta, ki vsebuje maksimalni nabor pripadajočih podatkov, katere določi stroka na svetovnem nivoju. Arhetipi so definirani na osnovi vsebine, ne glede na področje uporabe. Primer arhetipa za meritev vsebnosti plinov v krvi vsebuje podatkovna polja za vse možne različne preiskave, ki preiskujejo vsebnost različnih plinov v krvi. Tako arhetipi lahko vsebujejo podatkovna polja, ki se nanašajo na isto vsebino, vendar ne bodo nikoli uporabljena skupaj. Primer takšnega arhetipa je arhetip za meritev krvnega tlaka, ki vsebuje podatkovna polja za sistoličen, diastoličen krvni tlak ter srčni utrip. Srčni utrip se vedno uporablja sam zase, nikoli v kombinaciji s prvimi dvema polji. Arhetipe je možno sestavljati v kompleksnejše arhetipe, kar omogoča razcep in ponovno uporabo [11].

Definicija vsakega arhetipa je sestavljena iz devetih sklopov, od katerih je pet sklopov obveznih, štirje pa so poljubni:

- Arhetip - vsebuje le identifikator arhetipa;
- Specializacija - neobvezen sklop, ki vsebuje le identifikator nadrejenega arhetipa iz katerega je specijalizacija izpeljana;
- Jezik - sklop, ki vsebuje informacijo o jezikih in prevodih arhetipa; za vsak prevod je podana ISO oznaka jezika ter podatki o prevajalcu;
- Opis - metapodatki arhetipa, v katerem se nahaja opis arhetipa, namen uporabe, primeri napačne uporabe ter množica ključnih besed, ki arhetip opisujejo;
- Definicija - vsebuje temeljno formalno definicijo arhetipa; sestavlja jo hierarhično urejena množica vozlišč, kjer vsako vozlišče predstavlja vsebinsko lastnost arhetipa; definicija lahko vsebuje tudi vozlišče tipa Reža, ki predstavlja rezervirano mesto za povezavo z drugim arhetipom; to omogoča enostavno sestavljanje kompleksnejših arhetipov ter predlog; vsako vozlišče ima svoj identifikator, kar omogoča neod-

visnost arhetipa od uporabljenega izrazoslovja v ciljnem sistemu; povezave med identifikatorji in različnimi terminologijami so podane v sklopu Terminologija;

- Pravila - neobvezen sklop v katerem so podane dodatne relacije in omejitve med dvema ali več lastnostmi definiranimi v sklopu "Definicija"; običajno uporabljen sklop za matematične in logične povezave; na primer povezava dveh lastnosti za mersko enoto razdalje, kjer je prva izražena v kilometrih, druga pa v miljah; v sklopu pravila je tako podana povezava med tema dvema lastnostima z matematično enačbo za konverzijo med enotama;
- Terminologija - sklop, kjer so identifikatorji vozlišč sklopa "Definicija" povezani s terminologijo; dodatno so tu definirane omejitve na tekstovnih poljih; na primer, če je vrednost tekstovnega podatka omejena na množico izrazov iz terminološke zbirke, je takšna omejitev definirana v tem sklopu;
- Anotacije - neobvezen sklop v katerem so podani metapodatki za posamezno vozlišče "Definicije";
- Zgodovina - neobvezen sklop v katerem je vodena zgodovina verzij arhetipa.

Glede na vsebino so arhetipi razvrščeni v 4 razrede. Vsak razred se uporablja na različnih področjih kliničnih zapisov ter delovnih procesov. Vsak razred ima specifične lastnosti, ki podpirajo shranjevanje in ponovno uporabo kliničnih informacij [12]. V nadaljevanju so opisani posamezni razredi.

Kompozicija (Composition)

Kompozicija je združevalni razred v referenčnem modelu OpenEHR. Vse informacije shranjene v EHR so del ene Kompozicije. Kompozicije ustrezajo pogosto uporabljenim kliničnim dokumentom ali dogodkom. Primeri kompozicij so odpustno pismo, recept, izvid in drugo.

Sekcija (Section)

Sekcija je organizacijski razred navadno uporabljen kot del Kompozicije. Na primeru papirnega dokumenta je sekcija na primer glava dokumenta. Navadno sama po sebi nima vsebinske vrednosti, vendar predstavlja ogrodje, v katerega so vpeti manjši razredi s klinično vsebino kot na primer Vnos in Grozd. Tipični primeri sekcij so vitalne

funkcije, zaključek, zgodovina itd. Sekcije se tako uporablja z namenom standardizacije organizacije podatkov v dokumentih.

Vnos (Entry)

Vnos je samostojna vsebinska enota informacije. Glavna lastnost vnosa je da podaja vedno enako informacijo ne glede na to, kje in kako je uporabljen. Vnos je takšna vrsta informacije, ki je lahko vključena v različne skupke za različne namene uporabe. Primeri Vnosov so krvni tlak, teža, srčni utrip, diagnoza in drugo. V OpenEHR referenčnem modelu Kompozicija oziroma dokument vsebuje eno ali več sekcij, katere vsebujejo Vnose. Pomembna lastnost Vnosa je, da je njegovo informacijo možno razbrati neodvisno od kompozicije ali sekcije, v kateri se nahaja. Vnos je abstrakten razred, ki se deli na štiri konkretne podrazrede:

1. Opazovanje: Opazovanja so surove objektivne informacije, ki vključujejo pacientove simptome, rezultate medicinskih preiskav, rezultate meritev in testiranj itd. Da je podatek uvrščen v Opazovanje mora izpolnjevati dva pogoja. Prvi je ponovljivost pridobivanja podatka v nekem časovnem obdobju. Drugi je smiselnost večkratnega pridobivanja podatka na določen interval. Primeri opazovanj so višina, teža, rezultat laboratorijskega testa, EKG in drugo.
2. Ocenjevanje: V razred ocenjevanja spadajo tisti podatki, ki so pridobljeni na podlagi kliničnih interpretacij, mnenj ter povzetkov. To so ideje, oznake ali pogledi zdravstvenega delavca ob interpretaciji opazovanj. V razred "Ocenjevanje" spada podatek z naslednjimi lastnostmi:
 - podatek se nanaša na informacijo, katero je ustvaril zdravnik,
 - podatek se nanaša na drugi podatek, kateri je bil opazovan ali izmerjen,
 - podatek se nanaša na sklepanje zdravnika,
 - večkratna ponovitev pridobivanja podatka v nekem časovnem obdobju ni smiselna.

Primeri ocenjevanj vključujejo oceno tveganja, diagnozo, neželene učinke in drugo.

3. Navodila: Navodila so izjave, ki govorijo o dogodkih v prihodnosti. Primer za to so navodila za jemanje zdravil.

4. Akcije: Akcije so izjave o tem, kaj je bilo dejansko narejeno. Primer akcije je administracija zdravila pacientu.

Navodila in Akcije sta običajno uporabljena v paru tako da Akcije dopolnjujejo Navodila in tako da akcije opisujejo trenutno stanje navodil. Ko se akcija nanaša na znano navodilo skupaj podajata informacijo o stanju navodila.

Grozd (Cluster)

Grozdi so tip arhetipov za večkratno uporabo v Vnosih ali ostalih grozdi. Najbolj uporabni so pri podatkih, pri katerih je pomembna ponovljivost. Primeri grozdov so velikost, oblika, lokacija, tekstura, simptom itd. To so tisti arhetipi, ki so uporabljeni v večini, ali pa v vseh scenarijih kliničnih pregledov.

4.3.2 OpenEHR predloge

Na drugem nivoju arhitekture so na podlagi arhetipov ustvarjene predloge. S pomočjo predlog je možno kreirati različne definicije vsebin za različne dokumente ali sporočila, ki so uporabni za specifične primere uporabe kot naprimer specifični obrazci, tipi sporočil in poročil.

Predloge v OpenEHR izpolnjujejo več nalog, in sicer:

- Kompozicijo - sestavljanje arhetipov v večje strukture s povezovanjem bolj specifičnih arhetipov v reže splošnejših arhetipov;
- Izbiro elementov arhetipov - določanje, kateri deli arhetipa bodo v končni strukturi uporabljeni in na kakšen način; za to sta na voljo dva prijema in sicer
 - Odstranjevanje - odstranjevanje vozlišč arhetipa, ki niso potrebna za namen uporabe predloge;
 - Določanje obveznosti - označevanje vozlišč arhetipa kot obvezno; v arhetipu je lahko vozlišče označeno kot poljubno, vendar je ob konkretni uporabi arhetipa v predlogi to vozlišče lahko nujno;
- Zaostrovanje omejitev - določanje novih oziroma zaostrovanje obstoječih omejitev za uporabljene arhetipe;
- Določanje privzetih vrednosti.

Predloga lahko vsebuje veliko število arhetipov vendar od vsakega arhetipa uporablja le majhno število podatkovnih polj. Tako je s predlogo možno doseči majhen nabor podatkov iz velike množice podatkovnih polj arhetipov.

Arhetipi in predloge so definirani v ADLu - jeziku za definicijo arhetipov (*ADL - archetype definition language*). Ko je predloga dokočno definirana, je prevedena v eno-nivojsko serializirano obliko, ki je poznana kot operativna predloga (*OPT - operational template*). Ta je navadno v XML obliki in je dokončna oblika predloge primerna za računalniško obdelavo.

4.4 Standardizacija medicinskega izrazoslovja

V Sloveniji se na področju zdravstvene informatike uporabljajo različni šifranti za šifriranje medicinskih in demografskih podatkov ter medicinskih pripomočkov. Poleg ostalih se uporabljata tudi mednarodna šifranta SNOMED CT ter epSOS. SNOMED CT šifrant je na primer uporabljen za označevanje podatkov o alergijah ter manifestacijah alergij, šifrant epSOS pa za označevanju podatkov o medicinskih posegih ter medicinskih pripomočkov [13].

4.4.1 SNOMED CT in LOINC

SNOMED CT (*Sytematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms*) je sistematično organizirana zbirka medicinskih izrazov, ki vsebuje šifre, izraze, sinonime in definicije, ki se uporabljajo v kliničnih dokumentih in poročilih. Podatki so organizirani na tak način, da jih je mogoče enostavno računalniško obdelati. SNOMED CT velja za najbolj razumljivo, v največ jezikih podprto terminologijo na področju zdravstva. SNOMED CT je najbolj uporaben pri standardizaciji ugotovitev, na primer pri podajanju diagnoze osnovane na eni ali več preiskavah ali pri opisovanju poškodbe ob sprejemu pacienta. Z uporabo SNOMED CT šifranta je tako možno strukturirano zapisati kompleksne ugotovitve kot na primer: Opekline tretje stopnje na kazalcu leve roke zaradi stika z vročo vodo. SNOMED CT se pretežno uporablja pri kliničnih zapisih kot so sezname pacientovih zdravstvenih težav, zdravstvena zgodovina pacienta, kartoteka pacienta in drugo.

Nasprotno je zbirka LOINC osredotočena na standardizacijo medicinskih izrazov laboratorijskih in kliničnih opazovanj oziroma meritev. LOINC je leta 1994 ustvaril inštitut Regenstrief kot standard za laboratorijska in klinična opazovanja ter tako lažje izmenjavo informacij med različnimi sistemi. Namen LOINC-a je rešitev problema raznoli-

kosti poimenovanj za ista opazovanja. Primer različnega poimenovanja iste meritve v kefalometrični analizi je meritev kota med ravnino spodnjega incizorja ter FH (Frankfort Horizontal) ravnino. Ta meritev je v različnih tipih kefalometričnih analiz imenovana kot -1/FH, IL/FH, FMIA. Standardizacija ter izdelava šifrantov imen kefalometričnih meritev tako predstavlja temeljni pogoj za izmenljivost podatkov.

4.4.2 Standardizacija poimenovanja meritev LOINC

Na področju poimenovanja kefalometričnih meritev je skupina ameriških raziskovalcev univerze v New Mexico opravila začetno delo standardizacije in šifriranja [14]. Na podlagi pregleda kefalometričnih analiz 5910 različnih pacientov so identificirali vse uporabljene meritve ter točke, ki te meritve definirajo. Rezultat je bil seznam 150 različnih kefalometričnih meritev. Na podlagi obstoječe literature [15] so najprej standardizirali poimenovanje posameznih točk ter tako ustvarili seznam 43 različnih anatomskih točk.

V naslednji fazi so 88 najbolj pogostih meritev primerjali z definicijami meritev desetih različnih standardov, kateri vključujejo tipe analiz ter ortodontske atlase. Za vsako od različnih meritev so v zbirki LOINC definirali nov pojem. V definicijo so vključili reference na vse standarde, kjer je ta meritev uporabljena, čeprav z drugim imenom. Zbirka LOINC omogoča tudi dodajanje slikovnega materiala, tako da je bila k vsaki definiciji dodana tudi ilustracija, ki prikazuje meritev ter anatomske točke, ki to meritev definirajo. Rezultat dela je poenotena zbirka 88 meritev, ki povezuje deset različnih standardov v skupno terminologijo z uporabo obstoječega LOINC standarda.

Za namen standardizacije terminologije je pri povezovanju kefalometrične aplikacije v nacionalni sistem smiselna uporaba predhodno navedenega nabora izrazov.

4.5 Vključitev aplikacije za kefalometrične analize v sistem eZdravja

Da bi bila aplikacija uspešno in smiselno vključena v sistem eZdravja, mora ta sistem ter aplikacija izpolnjevati naslednje pogoje:

- v OpenEHR repozitoriju arhetipov je potrebno razviti potreben arhetip, ki bo definiral podatkovno strukturo za poljubno kefalometrično meritev;
- prav tako v OpenEHR repozitoriju predlog je potrebno izdelati predlogo za poročilo kefalometrične analize; vsaka predloga predstavlja različen tip analize;

- posamezne arhetipe meritev je potrebno povezati z ustrezno LOINC klasifikacijo;
- aplikacijo je potrebno prilagoditi na tak način, da podatke oddaja v sistem eZdravja.

4.5.1 Definicija OpenEHR entitet

Za upravljanje z OpenEHR entitetami je na uradni strani OpenEHR prosto dostopnih več namenskih orodij. Ta so sledeča:

- Aplikacija AWB (ADL workbench) je orodje za pregled in upravljanje z entitetami OpenEHRa. Pregledovalnik omogoča grafični prikaz entitet referenčnega modela, arhetipov in predlog, popolni pregled relacij med entitetami ter vse podrobnosti obravnavanih entitet.
- Urejevalnik arhetipov (Archetype Editor) je orodje za urejanje in kreacijo novih arhetipov. Orodje omogoča enostavno sestavljanje arhetipov iz obstoječih entitet referenčnega modela in samih arhetipov.
- Urejevalnik predlog (Template Editor) je orodje za urejanje in kreacijo novih OpenEHR predlog. Orodje vsebuje zbirko obstoječih arhetipov in predlog na podlagi katerih so predloge ustvarjene.

Definicija arhetipa

Prvi korak pri kreaciji novega arhetipa je določitev potrebnih podatkov na takšen način, da bo mogoče z arhetipom opisati vse možne kefalometrične meritve. Za vsak podatek je potrebno določiti ime, tip podatka ter pogostost pojavitve v eni meritvi. Potrebni podatki arhetipa so sledeči:

- naziv; prosti text; 1,
- razdalja; realno število; od 0 do 1,
- kot; realno število; od 0 do 1,
- odstotek; realno število; od 0 do 1.

Na podlagi takšne podatkovne strukture je mogoče predstaviti kakršnokoli meritev. Pri shranjevanju podatka je obvezno podati naziv ter enega od podatkov za vrednost (kot, razdalja ali odstotek). Na primer za kot med točkami Sella, Nasion in točko A je podatek predstavljen kot par naziva in meritve

- SNA,
- 89.35°.

Na slikah 4.1 in 4.2 je prikazana definicija arhetipa v ADL jeziku. Prikazana sta sklopa "Definicija" in "Terminologija", ki predstavljata glavno vsebino arhetipa.

Definicija se prične z vozliščem, ki določa razred arhetipa (Observation). Sledi krovno vozlišče za zgodovino oziroma potek dogodkov v definiciji. To omogoča zapis serije meritve, pri katerih je potrebno več ponovitev, na primer meritev prostornine izdihanega zraka. V primeru kefalometrične meritve je meritev enkratna zato to vozlišče vsebuje samo en dogodek. Dogodek je torej naslednje vozlišče. V obravnavanem primeru je ta definirana kot splošni dogodek. Sledi krovno vozlišče (Tree) ki vsebuje hierarhično urejene elemente meritve. V drevesu je definiranih pet vozlišč elementov (Naziv, Razdalja, Kot, Odstotek, Faktor). Vsak element ima definirane dodatne lastnosti, ki element natančneje opisujejo. V definiciji elementa naziv je podan tip podatka prosti tekst. V ostalih elementih je za vsakega definirana merska enota ter točnost oziroma število decimalnih mest.

V sklopu Terminologija (glej sliko 4.2) so v vozlišču *"term_definitions"* podane povezave med identifikatorji vozlišča ter njihovim tekstovnimi parametri naziv ter opis. Vozlišča, ki definirajo posamezne povezave so zaobjeta v vozlišču, ki definira jezik vsebovanih vozlišč. Na tak način arhetipi nudijo večjezično podporo.

Definicija predloge

OpenEHR predloga za kefalometrične analize mora biti zastavljena tako, da je z njo mogoče predstaviti poročilo pojubnega tipa analize. Prvi korak predstavlja definicijo potrebnih podatkov, katere poročilo vsebuje. Podatki so razdeljeni v različne sklope glede na njihov tip:

- Podatki o poročilu:
 - ID,
 - Status.
- Podatki o slikanju:
 - Aspekt (lateralni, frontalni),

```

definition
OBSERVATION[at00000] matches { -- Cephalometric measurement
data matches {
HISTORY[at00001] matches { -- Event Series
events cardinality matches {1..*; unordered} matches {
EVENT[at00002] occurrences matches {0..1} matches { -- Any event
data matches {
ITEM_TREE[at00003] matches { -- Tree
items cardinality matches {1..*; unordered} matches {
ELEMENT[at00009] matches { -- Name
value matches {
DV_TEXT matches {*}
}}
ELEMENT[at00004] occurrences matches {0..1} matches { -- Distance
value matches {
C_DV_QUANTITY <
property = <[openehr::122]>
list = <
["1"] = <
units = <"mm">
precision = <|2|>
>>>
}}
ELEMENT[at00006] occurrences matches {0..1} matches { -- Angle
value matches {
C_DV_QUANTITY <
property = <[openehr::497]>
list = <
["1"] = <
units = <" ">
precision = <|2|>
>>>
}}
ELEMENT[at00007] occurrences matches {0..1} matches { -- Percentage
value matches {
C_DV_QUANTITY <
property = <[openehr::507]>
list = <
["1"] = <
units = <"%">
precision = <|2|>
>>>
}}
ELEMENT[at00008] occurrences matches {0..1} matches { -- Factor
value matches {
C_DV_QUANTITY <
property = <[openehr::507]>
list = <
["1"] = <
units = <" ">
>>>
}}}}}}}}}}

```

Slika 4.1 Sklop "Definicija" v ADL jeziku.

```

ontology
terminologies_available = <"LOINC", ...>
term_definitions = <
  ["en"] = <
    items = <
      ["at0000"] = <
        text = <"Cephalometric measurement">
        description = <"unknown">
      >
      ["at0001"] = <
        text = <"Event Series">
        description = <"@ internal @">
      >
      ["at0002"] = <
        text = <"Any event">
        description = <"*">
      >
      ["at0003"] = <
        text = <"Tree">
        description = <"@ internal @">
      >
      ["at0004"] = <
        text = <"Distance">
        description = <"Measurement of distance">
      >
      ["at0006"] = <
        text = <"Angle">
        description = <"Measurement of an angle">
      >
      ["at0007"] = <
        text = <"Percentage">
        description = <"Percentage based on a calculation of two or more measurements.">
      >
      ["at0008"] = <
        text = <"Factor">
        description = <"Factor based on a calculation of two or more measurements.">
      >
      ["at0009"] = <
        text = <"Name">
        description = <"*">
      >
    >>>>
  >>>>

```

Slika 4.2 Sklop "Terminologija" v ADL jeziku.

- Stran slikanja (leva, desna),
- Datum slikanja.
- Podakti o pacientu:
 - Identifikator (v Sloveniji je to ZZSZ številka),
 - Ime in priimek,
 - Datum rojstva,
 - Spol.
- Podatki o izvajalcu zdravstvene dejavnosti:
 - Identifikator (v Sloveniji BPI številka zdravnika),
 - Ime in priimek zdravnika,
 - Kontaktni podatki.
- Naziv tipa analize,
- Množica kefalometričnih meritev - množica vsebuje eno ali več kefalometričnih meritev, ki so potrebne za konkretno poročilo.

V predlogah ni možno dodajanje podatkov na osnovni referenčnega modela, temveč je vsak podatek osnovan na obstoječem arhetipu. Za izdelano predlogo so bili uporabljeni naslednji obstoječi arhetipi:

- Report - arhetip za splošno poročilo; uporabljen kot korenski arhetip predloge;
- Identifiable person - arhetip za splošno osebo, uporabljen za podatke pacienta; aArhetip vsebuje večji nabor polj, katera so bila v predlogi označena kot nepotrebna; tako je definiran nabor potrebnih podatkov pacienta za takšen tip poročila;
- Healthcare professional - arhetip za podatke zdravnika;
- Imaging examination - arhetip za splošno preiskavo na podlagi slikovnega materiala; z njim so podani podatki o sliki (datum slikanja, aspekt, stran slikanja) ter o uporabljenem tipu analize; za podajanje imena tipa analize je izkoriščeno polje arhetipa Examination name (Naziv preiskave); tako kot arhetip za splošno osebo, tudi ta arhetip vsebuje več podatkovnih polj, ki pa so za kefalometrično analizo

nepomembna; v polje, ki opisuje lokacijo slikanja, je v predlogi privzeto nastavljena vrednost na lobanjo; ostali nerelevantni podatki so v predlogi onemogočeni;

- Cephalometric measurement - arhetip za splošno kefalometrično meritev; to je nov arhetip, ki je bil definiran v prejšnjem razdelku diplomske naloge.

Integracija z LOINC terminološko zbirko

Za vključitev obstoječe LOINC terminologije v rešitev je potrebna dodelava arhetipa za kefalometrično meritev. V prvotni obliki arhetipa je polje Naziv definirano kot prosti tekst poljubne dolžine. V primeru, ko bi v LOINC zbirki obstajale definicije vseh možnih kefalometričnih meritev, bi bilo dovolj, da bi polje Naziv definirali kot izbirno polje na preddefinirani množici podatkov. Ker pa je zbirka pomanjkljiva, je potreben drugačen pristop. Da bi bila omogočena možnost tako izbire imena meritve v preddefinirani množici kot možnost vpisa prostega teksta, je polje "Naziv" definirano kot podatkovni tip Izbira (Choice). Ta podatkovni tip omogoča, da so v definiciji nastavljene možnosti izbire. Na voljo so različne entitete referenčnega modela, ki vključujejo tekst, količino, datumsko polje, trajanje, rezo in druge. V obravnavanem primeru naziva je dvakrat izbrana možnost tekst. Podatek tipa tekst je tudi lahko definiran na različne načine in sicer kot

- prosti tekst,
- interno kodiranje,
- povezava s terminologijo.

Prva izbira polja "Naziv" je definirana kot množica izrazov povezana na obstoječo terminologijo. Druga izbira je definirana kot prosti tekst. Ta rešitev omogoča tako oddajanje podatka povezanega z LOINC definicijo, kot tudi podatka za katerega v zbirki ni zadetka.

Povezava z zbirko LOINC je definirana kot omejitev na polju. V definicijo je potrebno vnesti naslov na katerem je zbirka dosegljiva, ter filter oziroma poizvedbo, ki vrne samo primerne zadetke. V primeru kefalometričnih meritev je poizvedba sestavljena kot

```
system:skull AND method:XR.measured
```

Poizvedba vrne vse vrste meritev na rtg posnetku glave.

Slika 4.3 prikazuje spremembo elementa Naziv iz sklopa Definicija po povezavi z terminološko zbirko. Definicija elementa poleg prostega teksta dovoljuje še uporabo

kodiranega teksta na podlagi povezave s terminologijo. Povezava je podana v sklopu Terminologija kot definicija omejitve in je prikazana na sliki 4.4. V vozlišču *constraint definitions* je najprej poimenovana šifra omejitve, v vozlišču *constraint bindings* pa je šifra povezana z dejansko poizvedbo na LOINC zbirki.

```
ELEMENT[at0009] matches {      -- Name
  value matches {
    DV_TEXT matches {*}
    DV_CODED_TEXT matches {
      defining_code matches {[ac0001]}      -- LOINC terminology
    }
  }
}
```

Slika 4.3 Sprememba elementa za naziv po povezavi z zbirko LOINC.

```
constraint_definitions = <
  ["en"] = <
    items = <
      ["ac0001"] = <
        text = <"LOINC terminology">
        description = <"*">
      >>>
    >>>
  >>>
constraint_bindings = <
  ["LOINC"] = <
    items = <
      ["ac0001"] = <terminology:LOINC?subset='method:xr.measured AND system:skull'>
    >>>
  >>>
>>>
```

Slika 4.4 Dodatna vozlišča v sklopu Terminologija, ki definirajo povezavo z LOINC.

4.5.2 Prilagoditev aplikacije za kefalometrične analize

Programsko aplikacijo za kefalometrične analize je potrebno prilagoditi tako, da programska aplikacija omogoča shranjevanje kefalometričnega poročila v centralni sistem. Za dosego cilja je potrebno zagotoviti sledeče:

- poročilo kefalometrične analize mora biti strukturirano na takšen način, da je skladno z definicijami podanimi v prejšnjem poglavju; tako lahko sistem osnovan na OpenEHR prejete podatke razume in shrani;
- programsko aplikacijo je potrebno prilagoditi tako, da komunikacija med centralnim sistemom in programsko aplikacijo ustreza varnostni politiki centralnega sistema;
- potrebno je zagotoviti ustrezen način pošiljanja podatkov v centralni sistem.

V nadaljevanju so obravnavane vse zgoraj navedene prilagoditve.

Dopolnitev obstoječih struktur

Da bi lahko obstoječe poročilo kefalometrične analize prilagodili, je potrebno pridobiti pravilno obliko dokumenta glede na v prejšnjem poglavju definirane OpenEHR predloge. Za ta namen je potrebna izdelava operativne predloge. Ta vsebuje združene informacije OpenEHR predloge ter v njej uporabljenih arhetipov.

Orodje za izdelovanje OpenEHR predlog omogoča izvoz operativne predloge za kefalometrične analize v različnih formatih. Eden od formatov, ki jih orodje nudi je XML shema. XML shema tako definira obliko XML dokumenta poročila kefalometrične analize.

Programsko aplikacijo za izdelavo kefalometričnih analiz je torej potrebno prilagoditi tako, da ob izdelavi XML dokumenta poročila kefalometrične analize upošteva strukturo in vsebino dokumenta, ki jo definira XML shema. Ker programska aplikacija za kefalometrične analize definirana v 2. poglavju že vsebuje vse podatke, definirane v OpenEHR predlogi je prilagoditev enostavna, saj ne zahteva vnosa nobenih dodatnih podatkov. Potrebno je le iz obstoječih podatkov sestaviti XML dokument poročila glede na strukturo definirano v XML shemi.

Na trgu je za vrsto programskih jezikov na voljo veliko knjižnic [16], ki na podlagi XML sheme ustvarijo ustrezne podatkovne strukture. Te strukture je potrebno tekom izvajanja programske aplikacije le ustrezno napolniti s podatki. S pomočjo iste knjižnice se nato izvede izvoz podatkov v XML dokument, ki ustreza strukturi definirani v XML shemi.

Varnostna shema

Del interoperabilne hrbtenice, ki skrbi za varnost se imenuje Varnostna shema. Varnostna shema omogoča enotno upravljanje z uporabniki in njihovimi pravicami za delo v različnih aplikacijah projekta eZdravje. Vsak izvajalec zdravstvene dejavnosti ima v varnostni shemi določeno eno ali več vlog na podlagi katerih lahko dostopa do ene ali več aplikacij projekta eZdravje. Izvajalec zdravstvene dejavnosti se varnostni shemi predstavi z digitalnim potrdilom, ki se nahaja na njegovi profesionalni kartici. Zaledne aplikacije, med katere spada tudi v tem diplomskem delu obravnavana programska aplikacija za kefalometrične analize, s pomočjo spletnih storitev varnostne sheme lahko izvajajo prijavo v varnostno shemo ter tako pridobijo dostop do dovoljenih aplikacij. Ob prijavi v varnostno shemo spletna storitev vrne SAML2.0 žeton, kateri se nato uporablja kot varnostni žeton

v komunikaciji z aplikacijami projekta eZdravje [17]. Programsko aplikacijo za kefalometrične analize je torej potrebno dopolniti tako, da ob zagonu izvede prijavo v varnostno shemo ter tako pridobi varnostni žeton SAML2.0. Za prijavo v sistem je potrebno najprej prebrati digitalno potrdilo iz profesionalne kartice zdravstvenega izvajalca. Za ta namen je ZZS pripravil orodje, ki omogoča dostop do digitalnih potrdil na kartici vstavljenih v Gemalto čitalnik kartic [18]. Ob uspešni prijavi je potrebno shraniti varnostni žeton SAML2.0, kateri bo uporabljen v nadaljnji komunikaciji za namen shranjevanja poročila kefalometrične analize v interoperabilno hrbtenico.

Shranjevanje in prevzemanje dokumentov iz interoperabilne hrbtenice

Podjetje Marand je pripravilo spletno storitev "IHAdapter" katera je namenjena ponudnikom programske opreme in v okviru interoperabilne hrbtenice zagotavlja naslednje funkcije:

- Iskanje dokumentov,
- objavo dokumentov,
- vpogled v dokument ter
- upravljanje z življenjskim ciklom dokumentov (preklic, zamenjava, itd).

Spletna storitev IHAdapter je na voljo preko HTTP protokola v obliki SOAP 1.2 sporočila. V glavo SOAP sporočila je potrebno dodati SAML2.0 žeton, ki služi za avtentikacijo uporabnika, v telo sporočila pa XML dokument poročila kefalometrične analize, definiranega v razdelku "Dopolnitev obstoječih struktur". Programska aplikacija se nato lahko poslužuje spletne storitve IHAdapter za pošiljanje ter prevzemanje poročil kefalometričnih analiz iz interoperabilne hrbtenice.

5 Sklepne ugotovitve

V pričujočem diplomskem delu so podani vsi potrebni elementi za integracijo programske aplikacije za kefalometrične analize v zdravstveni informacijski sistem. Čeprav sem strukturi definiral z namenom integracije programske aplikacije opisane v tretjem poglavju, sta podatkovni strukturi arhetipa in predloge osnovani na splošno. Tako sta definiciji uporabni za vse obstoječe programske aplikacije za kefalometrične analize, ki se trenutno nahajajo trgu ali pa so še v razvoju. Bistveni podatki, uporabljeni v strukturah, so osnovani na definicijah meritev in poročil kefalometričnih analiz. Pri definiciji dodatnih podatkov, kot so podatki pacienta, rentgenskega posnetka in izvajalca zdravstvene dejavnosti, pa sem se zgledoval po podobnih, že obstoječih OpenEHR strukturah. Uporabljeni protokoli za shranjevanje in prevzemanje podatkov so specifični za področje Slovenije vendar tudi prilagoditev za druga področja ne predstavlja večjih izzivov. Ker je struktura in vsebina poročila podana z definicijo OpenEHR predloge je vsebina sporočila vedno enaka, ne glede na protokol. Za realizacijo integracije v drugih državah je torej potrebna le prilagoditev OpenEHR predloge z dodatnimi podatki ter pravilna integracija z varnostnimi sistemi.

OpenEHR definiciji podatkovnih struktur predstavljeni v pričujočem diplomskem delu sta v globalnem OpenEHR repozitoriju (*OpenEHR Clinical Knowledge Manager*) oddani kot začetni osnutek. V prihodnosti morata strukturi prestati postopek revizije in predelave s strani strokovne komisije. Ko bosta strukturi potrjeni kot veljavni, bo vzdrževalec interoperabilne hrbtenice moral strukturi podpreti v lokalnem zdravstvenem informacijskem sistemu. Potrebna bo še prilagoditev spletne storitve IHAdapter, tako da bo podpirala shranjevanje novega tipa dokumenta - poročila kefalometrične analize. Šele tedaj bo možno dejansko shranjevanje podatkov v zdravstveni informacijski sistem.

V trenutku, ko bo omogočeno shranjevanje podatkov, bo to odprlo možnosti za nove aplikacije, ki se bodo podatkov posluževale, kot tudi izboljšavo trenutnih aplikacij. Primer nove aplikacije je spletna aplikacija za ogled poročil kefalometričnih analiz avtoriziranim osebju. To izniči potrebo po namestitvi programske aplikacije za kefalometrične analize v primeru, ko zdravstveni delavec želi le vpogled v rezultate kefalometrične analize. Možna bo tudi statistična obdelava podatkov, s katero bo mogoče na lažji način pridobiti nove standardne vrednosti specifične za Slovenijo.

LITERATURA

- [1] M. D. S. Z. J. V. Franc Farčnik, Maja Ovsenik, Ortodontska diagnostika, Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Katedra za čeljustno in zobno ortopedijo, 2005.
- [2] N. F. R. Zupančič, S. Zupančič, Pomen stranske telerentgenske slike pri načrtovanju protetične oskrbe brezzobih pacientov, Zobozdravstveni vestnik 62 (4,5) (2007) 123–127.
- [3] T. A., Digital and manual cephalometric analysis, Batisl Lek Listy 111 (2) (2010) 97–100.
- [4] A. Jacobson, Radiographic Cephalometry - From Basics to 3-D imaging, 2nd Edition, Quintessence Pub Co., 2006.
- [5] B. S. Phulari, An Atlas on Cephalometric Landmarks, Jaypee Brothers Medical Pub, 2013.
- [6] F. Ali, Downs analysis (2013).
Dostopno na: <http://www.slideshare.net/drfaizan/downs-analysis>
- [7] Projekt eZdravje.
Dostopno na: <http://www.ezdrav.si/ezdravje/>
- [8] Upravljanje kliničnega znanja OpenEHR UKZ.
Dostopno na: <http://www.ezdrav.si/category/projekti/>
- [9] HL7 standardi.
Dostopno na: <http://www.hl7.org/>
- [10] OpenEHR specifikacije
Dostopno na: http://www.openehr.org/what_is_openehr

- [11] OpenEHR Specification Program, Archetype Identification specification (2015).
- [12] OpenEHR Specification Program, Archetype Definition Language ADL 2.
- [13] V. L. Štefotič, Nabor PPop, MZ in IVZ RS (2012).
- [14] P. J. Kroth, Using loinc to link ten terminology standards to one unified standard in a specialized domain, J Biomed Inform. 45 (4) (2012) 674–682.
- [15] M. R., Lehrbuch der anthropologie in systematischer darstellung., 1957.
- [16] Altova XMLSpy.
Dostopno na: <http://www.altova.com/downloads/schemaeditor.html>
- [17] D. B. Sandi Horvat, Haris Škoro, MZ.eRecept Specifikacija.Varnostna Shema: Integracija.
- [18] Medprogramje za profesionalno kartico.
Dostopno na: <https://partner.zzzs.si/wps/portal/portali/aizv/e-poslovanje/>